



30th Conference of Experimental Stress Analysis
 30. konference o experimentální analýze napětí
 2. - 5. 6. 1992 ČVUT Praha Czechoslovakia

PHOTOELASTICITY APPLICATION FOR CHIP FORMATION EXPERIMENTAL RESEARCH

UŽITÍ FOTOELASTICIMETRIE K EXPERIMENTÁLNÍMU VÝZKUMU TVORBY TŘÍSKY

Humen V., Breuerová H.

In the paper the authors attempted to find a correlation between fracture toughness and machinability of the machined material. Experiments carried out on the optically sensitive polymer materials (celluloid, PMMA and epoxy-resin) give evidence of existence of this correlation.

Keywords: photoelasticity, machinability, fracture toughness

1. Úvod

Obrobitelnost materiálů je nutno posuzovat jako relativně složitý proces [1], ve kterém dochází k interakci obráběného materiálu s nástrojem. Tuto interakci lze chápat jako proces tvorby třísky, tj. proces oddělování materiálu obrobku nástrojem. Byla předložena řada teoretických modelů tvorby třísky [2], v nichž se však předpokládá, že oddělování materiálu třísky od povrchu obrobku se děje skluzovým mechanismem, tj. bez lomu. Ukazuje se však [3], že odřezávání vrstvy materiálu řezným nástrojem je vždy spojeno se vznikem trhlin u ostří řezného nástroje. V provedených experimentech se autoři pokusili o nalezení vztahu mezi obrobitelností materiálu a lomovými charakteristikami obráběného opticky citlivého polymerního materiálu. Volba zmíněného materiálu byla dána užitou experimentální metodou (fotoelasticimetrií) umožňující zobrazení napjatosti v blízkém okolí ostří nástroje.

2. Testovaný materiál a použité experimentální zařízení

V provedených experimentech byly testovány polymerní materiály výrazně se lišící lomovou houževnatostí. V tab.1 jsou uvedeny hodnoty K_{Ic} stanovené podle normy ČSN 64 06 05. Ve zmíněné tabulce jsou též uvedeny aplikované řezné podmínky.

Sestava experimentálního zařízení je uvedena na obr.1. Prvky zařízení jsou shodné s prvky pro běžný fotoelasticimetrický experiment. Polariskop byl sestaven tak, aby byly zachyceny pouze izochromáty polovičního řádu. K osvětlení děje byl použit fotoblesk. Zařízení pracovalo na principu synchronní fotografie. Typické dosažené fotozáznamy tvorby třísky na obrobku z celuloidu jsou uvedeny na obr. 2 až 4.

3. Vyhodnocení fotoelasticimetrického záznamu tvorby třísky

Předpokládáme-li, že oddělování třísky je lomovým procesem, pak podle fotozáznamu lze soudit, že sledovaný děj je pravděpodobně lomový proces typu II. Rovnice popisující stav napjatosti v okolí kořene trhliny typu II lze psát ve tvaru [4].

$$\sigma_x = - \frac{1}{\sqrt{2\pi r}} \left[K_{II} \sin \frac{\theta}{2} \left(2 + \frac{\cos \theta}{2} \cdot \cos \frac{3\theta}{2} \right) \right] - \sigma_{ox}$$

$$\sigma_x = + \frac{1}{\sqrt{2\pi r}} \left[K_{II} \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} \cdot \cos \frac{3\theta}{2} \right]$$

$$\tau_{xy} = + \frac{1}{\sqrt{2\pi r}} \left[K_{II} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 - \sin \frac{\theta}{2} \cdot \sin \frac{3\theta}{2} \right) \right]$$

kde r a θ jsou polární souřadnice s počátkem v kořeni trhliny, σ_{ox} je přídavné napětí ve směru šíření trhliny. Prostřednictvím uvedeného napětového modelu byly vyhodnoceny pouze fotozáznamy dosažené na obrobku z celuloidu (Tab.2). Aplikace napětového modelu na vyhodnocení fotozáznamu na obrobku z PMMA nebyla možná vzhledem k nedostatečnému počtu izochromát (malá optická citlivost). V případě obrobku z epoxypřyskyřice docházelo v okolí ostří nástroje ke vzniku několika

trhlin. V tomto případě není uvedený model napětový model adekvátním popisem napjatosti.

4. Diskuse dosažených výsledků

Provedené experimenty ukázaly, že obrobitelnost materiálů je v korelaci s velikostí lomové houževnatosti obráběného materiálu. Špatně obrobitelným materiálem pro všechny úhly čela nástroje byla epoxy pryskyřice, která má z testovaných materiálů nejnižší lomovou houževnatost ($K_{Ic} = 0.5 \text{ MPa m}^{1/2}$). Dobře obrobitelným materiálem při všech úhlech čela nástroje byl celuloid, jehož lomová houževnatost je cca 5x vyšší než lomová houževnatost epoxy pryskyřice. Materiál PMMA se střední lomovou houževnatostí vzhledem k předchozím materiálům bylo možné obrábět pouze nástroji s úhlem čela větším než 0° . Pro nástroje s úhlem čela menším než 0° docházelo ke vzniku více trhlin v okolí ostří nástroje. Tímto pak docházelo k vylamování materiálu a obrobený povrch byl výrazně drsný.

Literatura

- [1] BUMBÁLEK, B.: Metodika sestavování modelu obrobitelnosti materiálu na základě jeho strukturně mechanických vlastností. Strojírenství 37, 1987, č. 8, s. 447-449.
- [2] BUDA, J.- SOUČEK, J.- VASILKO, K.: Teoria obrábania, Alfa Bratislava - SNTL Praha 1983.
- [3] KAVALCOVÁ, L.: Některé výsledky studia lomových vlastností ocelí při obrábění. Strojírenství 36, 1986, č. 10, s. 589-592
- [4] KOBAYASHI, A.S. (ed.): Experimental Techniques in Fracture Mechanics, Iowa State Press, 1974.

Ing. Vladimír Humen, CSc.

Vysoká škola strojní a textilní, katedra mechaniky a pružnosti,
Liberec, ČSFR. Tel. (048)21847

Ing. Hana Breuerová

Vysoká škola strojní a textilní, katedra obrábění a montáže,
Liberec, ČSFR. Tel. (048)25441

Tab.1:

Obrobek	s mm	K _{1c} MPa m ^{1/2}	d deg	γ deg	v ot/min	h mm
Celuloid	6.2	2.4	-20	10.3	63	1.25
			0	10.3	63	
			10	10.2	63	
PMMA	10.5	1.7	-20	10.3	63	1.25
			0	10.3	63	
			10	10.2	63	
Epoxy	9.8	0.5	-20	10.3	63	1.25
			0	10.3	63	
			10	10.2	63	

s - tloušťka modelu

K_{1c} - lomová houževnatost

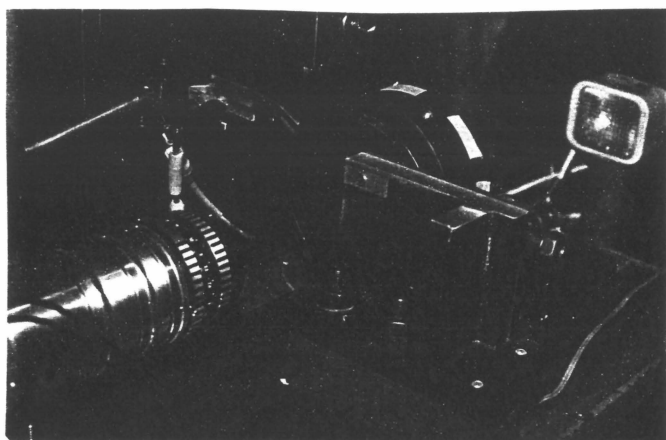
α - úhel čela, γ - úhel hřbetu

v - řezná rychlost na frézce v ot/min

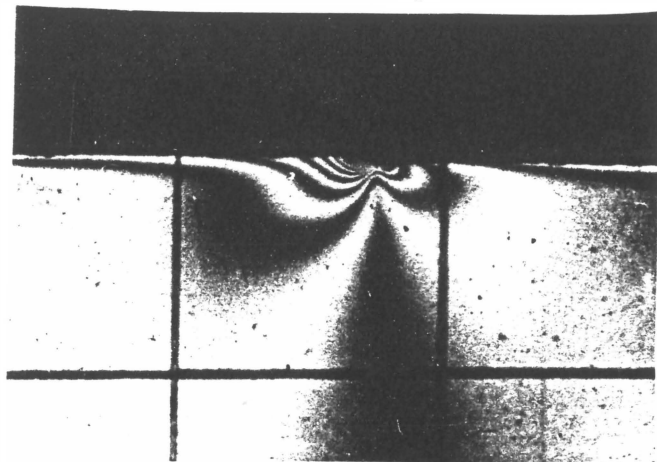
h - hloubka řezu

Tab.2:

Obrobek	α	K _{1r}	σ _{0x}
	deg	MPa m ^{1/2}	MPa
Celuloid	-20	0.67	-7.3
	0	1.04	-14.7
	+10	1.04	-10.3



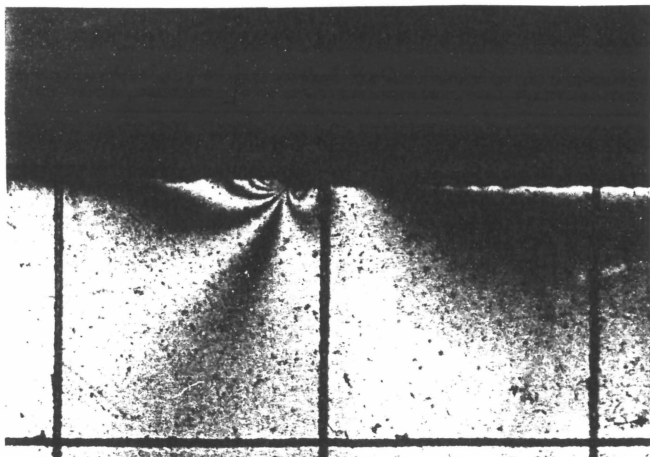
Obr.



Obs. 2
 $\alpha = -20^\circ$



Obs. 3
 $\alpha = 0^\circ$



Obs. 4
 $\alpha = 40^\circ$